

(12) NACH DEM VERTRAG FÜR DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Dezember 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/105709 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61B 19/00 (74) Anwälte: KRUSPIG, Volkmar usw.; Meissner, Bolte & Partner, Postfach 86 06 24, 81633 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/06130
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Juni 2003 (11.06.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 26 361.2 13. Juni 2002 (13.06.2002) DE  
102 49 025.2 21. Oktober 2002 (21.10.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MÖLLER-WEDEL GMBH [DE/DE]; Rosengarten 10, 22880 Wedel (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMIDT, Martin [DE/DE]; Windberg 55, 23611 Bad Schwartau (DE). KOETKE, Jochen [DE/DE]; Bachstrasse 119, 22083 Hamburg (DE). SCHALT, Peter [DE/DE]; Kastanienallee 9b, 25436 Moorrege (DE). OELCKERS, Stefan [DE/DE]; Graefestrasse 12, 10967 Berlin (DE). GRIGAT, Rolf-Rainer [DE/DE]; Holunderweg 11, 25469 Halstenbek (DE). ECKERT, Lars [DE/DE]; Schildensteinstrasse 8, 81673 München (DE). HOELL, Thomas [DE/DE]; Liebenauerstrasse 16, 06110 Halle (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND INSTRUMENT FOR SURGICAL NAVIGATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND INSTRUMENT ZUR CHIRURGISCHEN NAVIGATION

(57) Abstract: The invention relates to a method for positional optimisation in navigation, in particular neural navigation in surgery with an operation microscope and at least one optoelectronic image detector which may be connected to the microscope and also a computer system. The data obtained from the at least one image detector which lie in the microscope field-of-view for the operator, contain information on the position of an operation instrument, in particular the instrument tip. The actual position of the instrument in the x- and y-direction as well as in the z-direction of a three-dimensional coordinate system is continuously or intermittently determined from the relevant positional data. A separation determination is carried out for the positional determination in the z-direction by means of depth of focus evaluation and/or stereoscopic image analysis. The invention further relates to a navigation instrument, using marking, close to the instrument tip, lying within the field of view of the microscope during use thereof.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation, insbesondere Neuronavigation, in der Chirurgie mit einem Operationsmikroskop und mindestens einem, auch mit dem Mikroskop verbindbaren optoelektronischen Bildempfänger sowie mit einem Computersystem. Die aus dem mindestens einen Bildempfänger gewonnenen Daten, welche jeweils im Mikroskop-Gesichtsfeld des Operateurs liegen, enthalten Informationen über die Lage eines Operationsinstruments, insbesondere der Instrumentenspitze. Aus den jeweiligen Lagedaten wird dann kontinuierlich oder diskontinuierlich die konkrete Position des Instruments in x- und y-Richtung sowie in z-Richtung eines dreidimensionalen Koordinatensystems bestimmt. Für die Positionsermittlung in z-Richtung wird eine Abstandsbestimmung mittels Tiefenschärfe-Auswertung und/oder stereoskopischer Bildauswertung vorgenommen. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Navigationsinstrument, welches Markierungen nahe an der Instrumentenspitze, bei der Benutzung im Gesichtsfeld des Mikroskops liegend, aufweist.

## VERFAHREN UND INSTRUMENT ZUR CHIRURGISCHEN NAVIGATION

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation, insbesondere Neuronavigation, in der Chirurgie mit einem Operationsmikroskop und mindestens einem, auch mit dem Mikroskop verbindbaren optoelektronischen Bildempfänger sowie einem Computersystem nach  
5 Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Navigationsinstrument, insbesondere für ein Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation, insbesondere Neuronavigation.

Die Neuronavigation befaßt sich mit der Planung, aber auch der Durchführung von Trajektorien für Eingriffe am menschlichen Gehirn, der Wirbelsäule und dergleichen. Hierzu werden vom Patienten präoperativ tomografische Aufnahmen erstellt, wobei am Patientenkörper Markierungen angebracht sind, die ebenfalls von der Tomografie erfaßt werden. Unmittelbar vor der Operation wird die dreidimensionale Lage dieser Marker im  
10 Raum durch Navigation bestimmt und somit ein Bezug hergestellt zwischen der Anatomie des Patienten und den präoperativ aufgenommenen Datensätzen. Ein entsprechender Vorgang wird als Registration bezeichnet. Grundsätzlich kann zwischen optischen Navigationsverfahren und magnetisch arbeitenden Verfahren unterschieden werden. Beide Verfahren dienen  
15 zur Ermittlung der dreidimensionalen Lage und Orientierung eines speziellen Navigationspointer-Instruments im Raum, welches dem Antasten relevanter Punkte dient. Die Lage der Pointerspitze wird bei bekannten optisch arbeitenden Systemen nicht direkt ermittelt, sondern mit Hilfe von Markern bestimmt, die meistens in Form von Kugeln am Pointer befestigt sind. Als  
20 Marker oder Markerstoffe werden bei bekannten Systemen Reflektoren für Infrarotlicht eingesetzt, das von speziellen Infrarotlicht-Strahlungsquellen erzeugt wird. Zwei an einer Traverse befindliche Kameras nehmen dann Bilder auf und bestimmen die Lage des Pointers im Raum.

Bei den auf Magnetfeldern basierenden Verfahren weisen die Pointer Sensoren auf, die entweder aus einem erzeugten magnetischen Wechselfeld oder einem gepulsten magnetischen Gleichfeld zur Detektion der räumlichen Lage dienen.

Optische Systeme weisen den Nachteil auf, daß die Gefahr der Verdeckung der Kameras durch Operationspersonal besteht. Magnetische Systeme versagen dann, sobald sich Gegenstände aus Weicheisen in der Nähe befinden, die die magnetischen Felder stören bzw. verzerren.

Die grundlegende Aufgabe am Markt befindlicher Navigationssysteme besteht darin, wie oben kurz umrissen, die Position oder die Spitze eines Instruments, mit dem während der Operation auf ein Detail im Operationsgebiet gezeigt wird, mit Daten präoperativer diagnostischer Verfahren, wie z.B. Computertomografie oder Magnet-Resonanz-Tomografie zu korrelieren. Nachdem eine solche Korrelation erfolgte, kann dem Chirurgen z.B. die Position eines Punkts im Situs, auf den er während der Operation mit dem erwähnten Instrument zeigt, in Echtzeit in den Bildern der präoperativen Aufnahmen angezeigt werden. Auf diese Weise erhält der Chirurg eine Information zur aktuellen Position relativ zu einer Position einer im CT- oder MR-Bild erkennbaren Struktur, wie z.B. einem Tumor.

Eine Möglichkeit, diese Information dem Operateur darzubieten, ist es, die Position der Instrumentenspitze in einem vorher angewählten CT- oder MR-Bild als Punkt einzutragen. Damit das Navigationssystem diese Aufgabe erfüllen kann, muß sowohl die Lage und Orientierung des Patienten wie auch die des genannten chirurgischen Instruments bekannt sein. Wie dargelegt, wird diese Information bei aktuellen Systemen z.B. mit Hilfe eines Stereo-Kamerapaars ermittelt, welches sich in der Nähe des Operationstisches befindet und das Operationsinstrument erfaßt.

Weitere bekannte Navigationssysteme bieten weiterhin die Möglichkeit, Bilder präoperativer diagnostischer Verfahren positions-, orientierungs- und maßstabsrichtig mit dem optischen Bild eines Operationsmikroskops zu

überlagern. Um dies zu erreichen, muß zusätzlich die Position und Orientierung des Operationsmikroskops sowie die aktuell gewählte Vergrößerung und Fokusebene erfaßt werden. Diese Erfassung von Position und Orientierung des Operationsmikroskops geschieht bei den bekannten Navigationssystemen meist durch Anbringung von reflektierenden Markierungen am Mikroskop, die ebenso wie die genannten Markierungen am Pointer von den zwei Kameras an der genannten Traverse erfaßt werden. Weiterhin gibt es ein bekanntes System, bei dem die relative Position und Orientierung des Mikroskops mit Hilfe von Drehwinkelgebern im Mikroskopträgersystem ermittelt wird. Nachteilig bei letztgenannten Systemen ist, daß die dabei verwendeten Trägersysteme zur Gewährleistung einer hinreichenden Genauigkeit versteift werden mußten und dadurch unverhältnismäßig schwer und teuer sind. Die Überlagerung selbst kann dann z.B. dadurch erfolgen, daß mit einem Projektor das CT- oder MR-Bild in den optischen Beobachtungs-Strahlengang des Mikroskops eingespiegelt wird.

Die Navigationssysteme nach dem Stand der Technik weisen einige wesentliche Nachteile auf. Hierzu gehört u.a. die Tatsache, daß die Markierungen am chirurgischen Instrument bzw. am Pointer jederzeit von dem auf dem Kameraarm angeordneten Stereo-Kamerapaar gesehen werden müssen. Ein Verdecken der Markierungen beeinträchtigt die Funktionsweise und führt zu Fehlern in der Datenerfassung. Erfahrungsgemäß liegen die sogenannten Präsenzzeiten optischer, aber auch magnetischer Navigationssysteme bei ca. 2/3. Weiterhin bedingt der große Abstand zwischen den Markierungen bekannter optischer Instrumente und dem Kamerapaar bei optischer Vermessung große Meßungenauigkeiten und es sind verhältnismäßig großvolumige Markierungen notwendig.

Ein weiteres Problem bei aktuellen Navigationssystemen in der Neurochirurgie besteht in der Bewegung des Gehirngewebes nach Öffnung der Schädeldecke und während der Operation. Dieser als Brain-Shift bezeichnete Sachverhalt führt dazu, daß die Gewebegeometrie während der Operation nicht mehr uneingeschränkt mit der Gewebegeometrie während der präoperativen diagnostischen Verfahren übereinstimmt. Dieses führt zu

Fehlern z.B. bei der erwähnten Positionsangabe eines Zeigerinstruments relativ zu den Gewebestrukturen in einem präoperativen diagnostischen MR- oder CT-Bild. Der beschriebene Fehler kann dadurch korrigiert werden, daß z.B. die Veränderung der Lage der Gewebeoberfläche in der Umgebung des Operationsgebiets während der Operation verfolgt wird. Hierzu muß der Chirurg allerdings wiederholt mit einem Markierungsinstrument des Navigationssystems mehrere Punkte auf der erwähnten Gewebeoberfläche antippen und markieren, um die erforderlichen Daten für diese Korrektur für das System zur Verfügung zu stellen. Dies ist jedoch bei der ohnehin hohen Belastung einer neurochirurgischen Operation von Nachteil.

Unter Berücksichtigung der vorerwähnten Nachteile des Standes der Technik besteht also das Ziel bei neu zu schaffenden Navigationssystemen darin, eine dreidimensionale Operationsfeld-Vermessung und Trajektorien-Verfolgung der Operationsbesteck-Spitze zu ermöglichen und eine Präsenzerhöhung insbesondere im Falle optischer Navigation zu erreichen. Weiterhin sollen die großen, teuren und okklusionsanfälligen Kameratraversen vermieden werden. Die Bedienung der Systeme ist einfach und übersichtlich zu gestalten, um Fehlerquellen von vornherein auszuschließen.

Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation, insbesondere Neuronavigation, in der Chirurgie anzugeben, welches von einem an sich bekannten Operationsmikroskop und mindestens einem mittelbar oder unmittelbar an den Beobachtungs-Strahlengang des Mikroskops gekoppelten optoelektronischen Bildempfänger ausgeht.

Weiterhin beteht eine Teilaufgabe der Erfindung in der Schaffung eines neuartigen Navigationsinstruments, insbesondere zur Verwendung bei Operationen mit Hilfe eines Operationsmikroskops.

Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einem Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation gemäß Definition nach Patentanspruch 1 sowie hinsichtlich des Navigationsinstruments mit der Merkmals-

kombination nach Patentanspruch 12 und mit Blick auf das Operationsmikroskop durch die Lehre der Ansprüche 18 ff.

Demgemäß liegt der Grundgedanke der Erfindung darin, durch die Einbeziehung der Bilder aus oder parallel zu den Beobachtungskanälen des Operationsmikroskops in die eigentliche Bildauswertung eines Navigationssystems sowohl die Präsenzzeit desselben zu verbessern als auch weitere vorteilhafte Wirkungen, insbesondere unter dem Aspekt der Verbesserung der Genauigkeit der Positionsbestimmung zu erreichen.

Die aus dem mindestens einen Bildempfänger gewonnenen Daten, welche jeweils im Mikroskop-Gesichtsfeld des Operators liegen, enthalten Informationen über die Lage des eingesetzten Operationsinstruments bzw. Pointers, insbesondere dessen Spitze, wobei aus den jeweiligen Lagedaten kontinuierlich oder diskontinuierlich die konkrete Instrumentenposition in x- und y-Richtung sowie in z-Richtung eines dreidimensionalen Koordinatensystems bestimmt wird. Für die Positionsermittlung in z-Richtung wird entweder eine Abstandsbestimmung mittels Tiefenschärfe-Auswertung vorgenommen oder es erfolgt eine stereoskopische Bildauswertung. Anstelle zweier Kameras mit stereoskopischer Bildauswertung kann auch ein neuartiger als PMD-Array (PMD: Photonic Mixer Device) bezeichneter optoelektronischer Bildempfänger verwendet werden. Das Meßverfahren dieser Sensoren ist dem „Time of flight“-Entfernungsmeßverfahren verwandt, erreicht aber durch neuartige Prinzipien bei geringerem apparativen Aufwand und wesentlich geringerer Baugröße eine bessere Meßgenauigkeit und kann zusätzlich als Sensor-Array ausgeführt werden, so daß es bei Abbildung eines zu topographierenden Gebietes auf ein PMD-Array möglich wird, mit nur einer Messung eine komplette Topographie zu erhalten. Da aus der Topographie eines Pointers vor dem Hintergrund der Operationsfeldes der Pointer und dessen geeignet ausgeformte Markierungen leicht zu separieren sind, kann ein derartiges PMD-Array auch zum Tracken des besagten Pointers verwendet werden. Wird ein PMD-Sensor eingesetzt, so muß das Objektfeld des Sensors mit einer geeignet modulierten und vorzugsweise schmalbandigen Lichtquelle beleuchtet und

das Hintergrundlicht wie auch das unmodulierte weiße Licht des Operationsmikroskops durch geeignete Filter vor dem Auftreffen auf das PMD-Array diskriminiert werden.

- 5 Der oder die optoelektronischen Bildempfänger können unmittelbar an den Beobachtungs-Strahlengang, insbesondere mittels Strahlteiler angeschossen werden, wobei allerdings auch die Möglichkeit besteht, mindestens einen separaten, vom Beobachtungs-Strahlengang unabhängigen Bildempfänger-Strahlengang vorzusehen, welcher ebenfalls zum Mikroskop-  
10 Gesichtsfeld des Operators gerichtet ist.

Ausgestaltend wird die Lage des Operationsmikroskops im Raum erfaßt und diese Operationsmikroskop-Positionsdaten werden einem an sich bekannten Computersystem zugeführt, um die Instrumenten-Positionsdaten in ein  
15 übergeordnetes Raumkoordinatensystem unter Einbeziehung in vorhandene Daten über die momentane Position des Patienten sowie präoperativ gewonnene dreidimensionale Daten vom Inneren des Patienten zu transformieren.

- 20 In einer Ausgestaltung der Erfindung besteht die Möglichkeit, neben der Datenerfassung zur intraoperativen Lage- und Positionsbestimmung eines Navigationsinstruments mittels bekannter optischer und/oder magnetischer Methoden, eine ergänzende dreidimensionale Positionsermittlung mittels der vom Bildempfänger des Operationsmikroskops bereitgestellten Daten durch-  
25 zuführen.

Bei Verwendung dieser zwei unabhängigen redundanten Systeme ergeben sich die nachstehend erwähnten vorteilhaften Möglichkeiten. Liefert eines der Systeme, z.B. infolge der Verdeckung der Markierungen, keine gültigen  
30 Meßwerte, so können die Meßwerte des jeweils anderen Systems genutzt werden und es ist auf diese Weise eine Erhöhung der Präsenzzeit möglich. Bei redundanten gültigen Meßwerten kann die Genauigkeit der Messung, z.B. durch Mittelwertbildung erhöht werden. Bei redundanten gültigen Meßwerten kann auch die Unsicherheit der Meßwerte, z.B. durch die

Differenz der redundanten Meßwerte quantifiziert werden und es wird auf diese Weise erstmals ein Navigationssystem geschaffen, welches sich quasi selbst kontrollieren kann. Letzteres ist für den Großteil der für die Patientensicherheit kritischen Medizingeräte zwar Standard, aber bei bekannten  
5 Navigationssystemen bisher nicht realisiert.

Zur Erfassung der Lage des Operationsmikroskops im Raum ist alternativ zu den bekannten Verfahren ein Modul vorgesehen, welches im Mikroskop integriert oder zumindest mit dem Mikroskop fest und lageinvariant verbunden ist, welches ohne die Verwendung der bei bekannten Systemen  
10 benutzten, neben den OP-Tisch zu positionierenden raumfüllenden Traversen mit Kameras auskommen kann. Dieses Modul ermöglicht es dem Mikroskop, seine relative Position im Raum oder relativ zum Patienten ,selbst' zu ermitteln. Dabei kommen die in den Ansprüchen 19 bis 24  
15 genannten Komponenten und Meßverfahren einzeln oder kombiniert zum Einsatz. Zur Minimierung der Größe des genannten Moduls kann benötigte Infrastruktur (Stromversorgungen; Computer etc.) z.B. in den Sockel des Trägersystems integriert werden.

20 Kann das Mikroskop ,selbst' seinen Platz im Raum bzw. relativ zum Patienten ermitteln und wird auch das Tracken des Pointers ohne das Stereokamerapaar des konventionellen Navigationssystems realisiert, kann das Stereokamerapaar des konventiellen Navigationssystems entfallen. In diesem Fall wird entscheidend Platz im Operationssaal gespart; weiterhin  
25 vereinfacht sich die Inbetriebnahme, da vor Beginn der Operation weniger Geräte mit weniger Kabeln zu bewegen und in Betrieb zu nehmen sind und außerdem die Gefahr von Okklusionen während der Operation entfällt oder zumindest erheblich verringert ist.

30 Mit Blick auf die Problematik des sogenannten Brain-Shifting ist erfindungsgemäß vorgesehen, an oder auf der Gewebeoberfläche des Patienten Markierungspunkte anzuordnen, deren über die Bildempfänger erfaßte und mittels des Computersystems bestimmte Lageveränderung genutzt wird, um



eine Korrektur präoperativ gewonnener Daten bezogen auf den aktuellen Zustand vorzunehmen.

Bekanntermaßen kann ein Stereo-Lichtmikroskop entweder aus zwei konvergenten monokularen monoobjektivistischen Mikroskopen bestehen oder zwei  
5 dezentrierte optische Kanäle hinter einer gemeinsamen Frontlinse umfassen. Operationsmikroskope werden aufgrund von bauartspezifischen Vorteilen nahezu ausschließlich als sogenannte Common Main Objectives (CMO)-Mikroskope aufgebaut. Die Modellierung eines CMO-Mikroskops in  
10 optischer Hinsicht ist jedoch außerordentlich schwierig, da hier die Behandlung sogenannter windschiefer Lichtstrahlen erforderlich wird. Dies beruht auf dem seitlichen Versatz der beiden optischen Kanäle hinter der erwähnten gemeinsamen Frontlinse.

Wird eine stereoskopische Auswertung zur Neuronavigation erforderlich, so  
15 wird der Fachmann zunächst die Verwendung von CMO-Mikroskopen unter Berücksichtigung der genannten Probleme ausschließen.

Erfindungsgemäß wurde dieses Vorurteil überwunden, indem eine abschließliche analytische Formulierung des Mikroskop-Modells gefunden wurde, die im Endeffekt zwei rektifizierten Lochblenden-Kameras entspricht,  
20 bei denen korrespondierende Punkte in beiden Ansichten theoretisch auf den sich entsprechenden Bildteilen liegen. Durch diese Erkenntnis können die weiteren Bildverarbeitungsschritte stark vereinfacht und an sich bekannte Bildverarbeitungs-Techniken angewendet werden.

25 Demnach werden erfindungsgemäß die von dem für jeden Kanal vorgesehenen Bildempfänger gewonnenen Daten hinsichtlich der in x- und y-Richtung vorliegenden Verzeichnungsfehler und der in z-Richtung gegebenen Disparitätsfehler korrigiert. Diese Korrektur ist abhängig von den jeweiligen Einstellungen des Mikroskops, d.h. Zoom und Fokus.

30 Zur Fehlerkorrektur wird zunächst ein Kalibrieren vorgenommen, wobei das Operationsmikroskop abbildungsseitig wie erwähnt als eine Zwei-Lochblenden-Kamera beschrieben wird. Das Kalibrieren erfolgt für alle Zoom- und Fokusstufen. Die erhaltenen Kalibrationsdaten werden abgespeichert,

um eine spätere Online- oder Offline-Fehlerkorrektur zu gestatten. Selbstverständlich besteht die Möglichkeit, mikroskopspezifische Fehlerkorrekturdaten in einer Look-up-Tabelle abzulegen, so daß der eigentliche Korrekturvorgang unter rechentechnischem Aspekt vereinfacht und damit verkürzt werden kann.

Alle physikalischen Größen, die für die Berechnung der nominellen Lochblenden-Kameraparameter für ein CMO-Mikroskop benötigt werden, sind einfach zugänglich und üblicherweise aus dem Datenblatt des Herstellers zu entnehmen. Startwerte für eine iterative Kalibration können am Mikroskop in einfacher Weise vermessen werden. Die notwendigen Angaben zu den Bildempfängern, beispielsweise CCD-Sensoren, sind ebenfalls als Herstellerangaben verfügbar. Die Kenntnis interner Linsendaten ist nicht erforderlich. Die CMO-Mikroskop-angepaßte stereoskopische Bildverarbeitung erfolgt über ein Verfahren, in dem die Abbildung aus beiden zweidimensionalen Kameraebenen in den dreidimensionalen Raum durch polynomiale Approximationen geringstmöglichen Grades formuliert wird. Eine notwendige Kontrollpunktmenge fungiert als Stützstellenmenge für die Polynome und wird im ganzen Volumen gewählt.

Für den praktischen Einsatz von Mikroskopen mit stufenlosen Zoom und/oder Fokus wird vorgeschlagen, die einzelnen Systemparameter bei mehreren Zoom- und Fokusstellungen zu kalibrieren und bei Einstellung von Zwischenwerten die entsprechenden Systemparameter aus den kalibrierten Stützstellen zu interpolieren. Die aktuellen Einstellungen von Zoom und Fokus sind der Auswerteeinheit während der Kalibrationsprozedur, aber auch der Meßprozedur zweckmäßigerweise vom Mikroskop über eine Datenleitung zur Verfügung zu stellen.

Bei dem erfindungsgemäßen neuartigen Navigationsinstrument, insbesondere zur Anwendung bei einem Verfahren, welches Bildinformationen aus dem Strahlengang eines Operationsmikroskops zur Neuronavigation verwendet, sind Markierungen, insbesondere Mikromarkierungen nahe an der Instrumentenspitze angebracht, und zwar grundsätzlich bei der Benutzung

im Gesichtsfeld des Mikroskops liegend. Ein gewisser Mindestabstand zur Instrumentenspitze ergibt sich dadurch, daß die Markierungen nicht vom Blut oder sonstigen Körperflüssigkeiten verschmutzt werden sollen und im Falle von erhabenen Markierungen die Benutzung des Zeigerinstruments

5 nicht behindert werden darf.

Die Markierungen sind z.B. als mindestens drei koplanare, farbige Kugeln ausbildbar, die in einer Ebene liegen, welche parallel zur Instrumenten-Längsachse verläuft, diese jedoch nicht enthält. Andere Ausbildungsformen sind farbige oder reflektierende Ringmarkierungen. Soll das Mikroskop über

10 einen besonders großen Zoom- und Fokusbereich betrieben werden, kann es vorkommen, daß die Markierungen bei besonders starken Vergrößerungen und kurzen Fokuslängen nicht mehr vollständig im Gesichtsfeld des Mikroskops liegen bzw. daß die Markierungen bei besonders schwachen Vergrößerungen und großen Fokuslängen zu klein sind. In diesem Fall ist es

15 zweckmäßig, mehrere Sätze von Markierungen unterschiedlicher Größe anzubringen, wobei der kleinste Markierungssatz am dichtesten zur Instrumentenspitze zeigt bzw. dort angebracht ist.

Das erfindungsgemäße Navigationsinstrument ist sterilisierbar und kann gut

20 durch das Mikroskop erkannt werden. Seine eine Endform ist als ausgeprägte Spitze gestaltet und kann als Zeiger genutzt werden. In dem Fall, wo die Spitze operativ bedingt nicht direkt sichtbar ist, ist diese über die oben genannten Markierungen und die restliche Forminformation des Instruments detektierbar.

Die erfindungsgemäß erzielte Präsenzerhöhung im Fall optischer Systeme wird dadurch erreicht, daß die Bildaufnahme direkt durch das Mikroskop erfolgt und hierbei sichergestellt wird, daß das Navigationsinstrument nicht durch die Finger oder ein anderes Operationsbesteck verdeckt ist. Eine

30 Gefahr der Verdeckung durch OP-Personal wie bei konventionellen optischen Navigationssystemen ist hier von vornherein ausgeschlossen. Durch die Meßbarkeit relativer Abstände von Punkten im Koordinatensystem des Mikroskops ist weiterhin die Möglichkeit einer differenziellen Navigation

gegeben, d.h. es können Abstände von Punkten zu einem Referenzpunkt vermessen werden.

Im Gegensatz zu bisher am Markt befindlichen Navigationsinstrumenten sind erfindungsgemäß Markierungen nahe an der Spitze positioniert. Da eine Navigation durch das Mikroskop hindurch erfolgt, können darüber hinaus weitaus kleinere Markierungen Verwendung finden. Hierdurch wiederum besteht die Möglichkeit, das Navigationsinstrument selbst kleiner und kostengünstiger zu fertigen und vor allem flexibler und ergonomischer einzusetzen.

Ein beispielhaftes Navigationsinstrument ist als bajonettierter Rundstahl von im wesentlichen 4mm ausgeführt, der an der Spitze über einen Bereich vom im wesentlichen 30 mm konisch zuläuft. Die Bajonettierung oder Kröpfung ist unter dem Aspekt zweckmäßig, da hierdurch ausgeschlossen werden kann, daß das Instrument für den von Kameras erfaßten Bereich durch Finger oder ähnliches verdeckt wird.

Als Marker kommen bei einer Ausführungsform die genannten koplanaren Kugeln zum Einsatz, die beispielsweise einen Durchmesser von etwa 1,5 mm besitzen. Um die Segmentierung der Kugeln vom Hintergrund möglichst einfach zu gestalten, sind diese in unterschiedlichen Farben lackiert. Mit Blick auf die speziellen Eigenschaften des Situs kommen bevorzugt Blau, Grün und Violett und/oder brillantes Gelb zum Einsatz. Der Einsatz von infrarot reflektierenden Kugeln ist ebenfalls möglich.

Da erfindungsgemäß mit der ohnehin mikroskopseitig vorhandenen Lichtquelle gearbeitet werden kann, entfallen in der Ausführungsform mit farbigen Markierungen spezielle Kugel-Coatings, die beispielsweise in ausgeprägter Richtcharakteristik infrarote Strahlung reflektieren.

Eine Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß die Markerkonfiguration nicht auf dem Navigationsinstrument aufliegt und dort befestigt ist, sondern lediglich aus Aufdrucken besteht. Für den Fall der notwendigen

Detektion der Rotation des Navigationsinstruments um die eigene Achse ist beispielsweise eine in azimuthaler Richtung verlaufende Winkelkodierung denkbar.

- 5 Bevorzugt wird die Detektion der Kugeln in den Kameraansichten unter Rückgriff auf Farbbild-Verarbeitungsmethoden vorgenommen. Je nach Stärke eines möglicherweise vorhandenen Farbstichs wird dieser durch einen Weißabgleich direkt mit der Bildaufnahme kompensiert. Hierzu erfolgt eine Skalierung der Intensitäten des Rot- und Blau-Kanals jedes Bild-  
10 empfangers bzw. jeder Kamera.

Die Merkmalsextraktion bzw. Mustererkennung der Markierungen in Form von koplanaren, farbigen Kugeln erfolgt über die Tatsache, daß ein kugelförmiges Objekt differenziert abgebildet wird. Liegt der Kugelmittelpunkt nicht auf dem Lot der Kameraebene, wird der Umriß der Kugel als Ellipse  
15 projiziert. Die abgebildete Form läßt also Rückschlüsse auf die Position oder Lage der einzelnen Kugeln zu.

Wenn die Instrumentenspitze nicht direkt in den Kamerabildern sichtbar ist, wird die dreidimensionale Position der Pointerspitze aus den dreidimensionalen Positionen der Kugelzentren ermittelt.

- 20 Selbstverständlich kann das Navigationsinstrument auch aus einem üblichen Operationsbesteck gebildet werden, um die Operation nicht unnötig zu Navigationszwecken unterbrechen zu müssen.

Zur Berechnung der dreidimensionalen Koordinaten der Spitzenposition aus  
25 den dreidimensionalen Kugelzentren wird die zugrunde liegende Geometrie kalibriert. Hierfür wird ein lokales Instrumenten-Koordinatensystem mit Ursprung in einer mittleren Kugel definiert, von dem zwei Achsen durch die restlichen beiden Kugeln verlaufen und die dritte Achse orthogonal zur so aufgespannten Ebene ist. In diesem affinen Koordinatensystem hat die Lage  
30 der Pointerspitze drei eindeutige Koordinaten, so daß sie indirekt über die Rekonstruktion der Achsen des lokalen Instrumenten-Koordinatensystems rekonstruiert werden kann. Die affinen Koordinaten sind unabhängig von den intrinsischen bzw. extrinsischen Parametern der Kameraanordnung und

können für eine Anzahl vorgegebener Spitzen- und Kugelkoordinaten kalibriert werden.

5 In der vorliegenden Beschreibung werden die Begriffe Position und Lage im wesentlichen als Synonyme eingesetzt. Es liegt im Erkenntnisbereich des Fachmanns, daß zur Ermittlung der Lage eines dreidimensionalen Körpers im Raum sechs Koordinaten, z.B. Aufpunkt/Schwerpunkt oder dergleichen in x-, y- und z-Orientierung und mit den drei sogenannten Euler-Winkeln anzugeben sind. Eine Ausnahme bildet hier nur die Instrumentenspitze, die  
10 als Raumpunkt nur drei Koordinaten zur Lagebeschreibung benötigt.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

15 Bei einem ersten Ausführungsbeispiel liegt das Operationsgebiet im Kopf eines Patienten und ein Operationsinstrument befindet sich mit einer entsprechenden Markierung im Gesichtsfeld des Operationsmikroskops.

Die Bilder beider Beobachtungskanäle werden über einen Strahlteiler auf  
20 zwei Bildempfänger, z.B. CCD-Kameras geleitet. Die Kamerabilder werden dann von einem Computer ausgewertet und aus der stereoskopischen Bildauswertung und den vom Mikroskop zusätzlich über eine Datenverbindung ausgegebenen Geräteparametern, wie Zoom- und Fokus-Stellung, wird die Position des Operationsinstruments im Koordinatensystem des  
25 Mikroskops errechnet.

Gleichzeitig wird von einem Stereo-Kamerapaar mit entsprechenden Kameras, welches in der Nähe des Operationstischs positioniert ist, mittels stereoskopischer Bildauswertung unter Zuhilfenahme der Patientenmarkierungen und der Mikroskopmarkierungen die Lage des Mikroskops und des  
30 Patienten im Koordinatensystem des Stereo-Kameraarms ermittelt. Hierdurch wird die Verrechnung der Koordinatensysteme des Mikroskops und des Patienten ermöglicht und es kann z.B. die Position des Operationsinstruments in Koordinaten des Patienten angegeben werden.

Optional können vom Kamerapaar zusätzlich Markierungen am Operationsinstrument erfaßt und ausgewertet werden, mit der Folge einer redundanten Messung der Bestimmung der Position des Operationsinstruments.

5

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann sichtbares Licht oder mit Strahlung im Bereich des nahen Infraroten eine Erzeugung von Markierungspunkten, Linien oder ein Gitter hinein in das Gesichtsfeld des Mikroskops vorgenommen werden. Diese Markierungspunkte, Linien oder

10 Gitter sind dann mit einer entsprechenden Kamera, die an einen der Beobachtungskanäle gekoppelt ist, aufnehmbar. Durch Auswertung des Kamerabilds kann die Lage der Markierungspunkte in Koordinaten relativ zum Mikroskop ermittelt werden.

Technisch läßt sich die vorgenannte Lehre dadurch umsetzen, daß Licht

15 über eine Blende in den Beobachtungskanal des Operationsmikroskops geleitet und in der Fokusebene des Mikroskops auf einem Punkt abgebildet wird. Dieser Lichtpunkt wird dann von einer Kamera, insbesondere CCD-Kamera erfaßt. Bei bekannten Koordinaten in x- und y-Richtung des Blendenlochs in einem kartesischen Koordinatensystem senkrecht zur

20 optischen Achse ergibt sich dann zusammen mit den Koordinaten des Lichtpunkts auf dem Kamerachip eine Möglichkeit, analog der gängigen stereoskopischen Bildauswertung zu arbeiten. Es kann also der Ort des Punktes, auf dem das Licht, welches durch die Blende tritt, in Koordinaten des Mikroskops bestimmt werden. Wie erwähnt, können anstelle der

25 beleuchteten Blende Lichtprojektionssysteme treten, welche jeweils eine Anzahl von Punkten, Linien oder Gittern in das Operationsgebiet projizieren.

Bei einem Lichtgitter können Kreuzungspunkte von den Kameras erfaßt werden. Mittels stereoskopischer Bildauswertung sind dann die Koordinaten

30 der Kreuzungspunkte des Lichtgitters auf der Oberfläche des Operationsgebiets im Koordinatensystem des Mikroskops bestimmbar. Die hieraus abgeleitete Information kann dann als dreidimensionales, perspektivisches Gitter in Form von Höhenlinien oder ähnlichem auf einem Display

dargestellt werden und zur Lagezuordnung, bezogen auf präoperative Aufnahmen, Verwendung finden.

Als Bestandteil der Qualitätssicherung werden in heutigen Operationssälen meist Videomitschnitte und Photos angefertigt. Diese Videomitschnitte und Photos enthalten keine quantitativen dreidimensionalen Informationen, noch sind solche im Allgemeinen aus den Videomitschnitten und Photos zu extrahieren.

- 10 Gelingt es Topographien des Operationsgebietes während der Operation mit vertretbarem Aufwand aufzunehmen, würde der Mangel der quantitativen 3D-Information der heutigen Dokumentation entfallen. Derartige Topographien sind problemlos speicherbar und es kann im Rahmen von qualitätssichernden Maßnahmen z.B. das tatsächliche Resektionsprofil mit
- 15 den Befunden aus präoperativen diagnostischen Daten wie der Magnetresonanz-Tomographie und Computer-Tomographie verglichen werden. Entsprechende Topographien können dem Arzt z.B. als Reliefdiagramme auch bereits während der Operation visualisiert werden. Somit wird es möglich - zusätzlich zur postoperativen Qualitätssicherung - dem Chirurgen
- 20 auch bereits während der Operation Entscheidungshilfen zur Optimierung der Resektionsgrenzen anzubieten.

Prinzipiell kann bereits mit dem vorstehend beschriebenen Mikroskop mit Stereokameras eine Topographie des Mikroskop-Objektfeldes mittels

25 gängiger Verfahren der stereoskopischen Bildauswertung erhalten werden. Besonders die Korrespondenzanalyse ist aber rechenzeitaufwendig und für natürliche unter Umständen schwach strukturierte Gebiete fehleranfällig.

Eine Verbesserung ist durch die nachstehende Beschreibung der Verfahren

30 und Vorrichtungen unter anderem zur Projektion von Lichtmarkierungen erreichbar.



Durch Lichtmarkierungen sind die für die stereoskopische Bildauswertung benötigten korrespondierenden Punkte schnell, eindeutig und mit extrem niedriger Fehlerquote ermittelbar.

- 5 Eine mögliche erste Ausführungsform benutzt mit dem Mikroskop fest verbundene Stereokameras und ein Projektionssystem, welches mit dem Mikroskop nicht zwingend fest verbunden sein muß.

10 Eine zweite Ausführungsform geht von der Lichtprojektionsvorrichtung an dem Ort einer der beiden Stereokameras und unter Benutzung der optischen Kanäle/Wege, welche in der erstgenannten Ausführungsform von eben dieser Kamera benutzt wurden, aus. In diesem Fall lassen sich die Methoden der stereoskopischen Bildauswertung bereits bei nur einer Kamera anwenden, was unter dem Begriff der Inversen Kamera bekannt ist.

15

In einer weiteren Ausführungsform wird die Topographie unmittelbar aus den Daten eines PMD-Arrays (PMD: Photonic Mixer Device) und einem zugeordneten Personal-Computer erhalten.

- 20 Beim ersten Ausführungsbeispiel kann mit sichtbarem Licht oder mit Strahlung im Bereich des nahen Infraroten eine Erzeugung von Markierungspunkten, Linien oder ein Gitter hinein in das Gesichtsfeld des Mikroskops vorgenommen werden.

25 Das Gewebe im Gesichtsfeld des Operationsmikroskops ist dann zusammen mit den auf diesem Gewebe projizierten Markierungspunkten, Linien oder Gittern mit zwei Kameras, die z.B. an die Beobachtungskanäle des Mikroskops gekoppelt sind, aufnehmbar. Durch Auswertung der Kamerabilder mit stereoskopischer Bildauswertung kann die Lage der Markierungspunkte in Koordinaten relativ zum Mikroskop ermittelt werden. Die hauptsächliche Fehlerquelle der stereoskopischen Bildauswertung - die Korrespondenzanalyse - wird hierbei drastisch vereinfacht und fehlersicher, da nur die markierten Punkte beider Kamerabilder in die Auswertung aufgenommen werden, bei denen die Unsicherheit der Korrespondenzzuordnung wesentlich geringer ist als bei unmarkierten Punkten.

30

Um eine Topographie der markierten Punkte in Koordinaten des Patienten -  
anstelle in Koordinaten des Mikroskops - zu erhalten, muß die relative Lage  
und Orientierung von Patient und Mikroskop ermittelt werden, was in der  
5 dargestellten Art und Weise geschehen kann.

Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wird weitgehend analog zum  
ersten Ausführungsbeispiel vorgegangen. Anstelle der beiden an den  
Beobachtungskanal des Mikroskops gekoppelten Kameras wird aber eine der  
10 beiden Kameras durch eine Blende ersetzt. Dieselbe Optik, die vorher das  
Objektfeld auf diese Kamera abbildete, wird nun genutzt, um die Blende auf  
das Objektfeld abzubilden. Wird eine mit Punkten, Linien oder Gittern  
strukturierte Blende verwendet, und Licht durch diese Blendenstrukturen  
und den zugeordneten optischen Kanal auf das Objektfeld geleitet und wird  
15 das entsprechend beleuchtete Gebiet mit der verbliebenen Kamera auf-  
genommen, so ist das Prinzip der inversen Kamera anwendbar, und die  
Methoden der stereoskopischen Bildauswertung sind trotz Verwendung nur  
einer Kamera nutzbar. Bezüglich der Fehlersicherheit sind auch hier die  
Vorzüge des ersten Ausführungsbeispiels gegeben. Wird unsichtbares Licht  
20 verwendet, kann zusätzlich sichtbares Licht beigemischt werden, um bereits  
im Bild des Okulars des Mikroskops die Stützstellen der Topographie  
sichtbar zu machen.

In einem dritten Ausführungsbeispiel wird anstelle der konventionellen  
25 Kameras ein PMD-Sensorarray verwendet. Um dieses verwenden zu können,  
muß zusätzlich zum sichtbaren Licht des Mikroskops mit moduliertem Licht  
beleuchtet werden. Der PMD-Sensor wird mit geeigneten optischen Filtern  
vor zu intensiver Beleuchtung durch das weiße nichtmodulierte Licht  
geschützt. Die Topographie des auf das PMD-Sensorarray abgebildeten  
30 Gebietes kann bei dieser neuen Technik direkt aus dem PMD-Chip mit  
zugeordnetem Computer mit geeigneter Schnittstelle erhalten werden.

Die in den obigen Ausführungsbeispielen erhaltenen topographischen Daten  
können dann z.B. als dreidimensionales, perspektivisches Gitter oder in

Form von Höhenlinien oder ähnlichem auf einem Display dargestellt werden. Weiterhin können diese topographischen Daten ortskorreliert mit Daten von präoperativen diagnostischen Daten (Kernspintomographiedaten, Computertomographiedaten etc.) dargestellt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Präsenzoptimierung bei der Navigation, insbesondere  
Neuronavigation in der Chirurgie, mit einem Operationsmikroskop und  
5 mindestens einem, auch mit dem Mikroskop verbindbaren optoelek-  
tronischen Bildempfänger sowie einem Computersystem,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die aus dem mindestens einen Bildempfänger gewonnenen Daten, welche  
jeweils im Mikroskop-Gesichtsfeld des Operators liegen, Informationen  
10 über die Lage eines Operationsinstruments, insbesondere der Spitze dieses  
Instruments enthalten, wobei aus den jeweiligen Lagedaten kontinuierlich  
oder diskontinuierlich die konkrete Position des Instruments in x- und y-  
Richtung sowie in z-Richtung eines dreidimensionalen Koordinatensystems  
bestimmt wird und insbesondere für die Positionsermittlung in z-Richtung  
15 eine Abstandsbestimmung mittels Tiefenschärfe-Auswertung und/oder  
stereoskopischer Bildauswertung und/oder Auswertung der mittels eines  
PMD-Sensors (Photonic Mixer Device) nebst zugehöriger modulierter  
Beleuchtung gewonnenen Signale erfolgt.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der oder die optoelektronischen Bildempfänger unmittelbar an den  
Beobachtungs-Strahlengang, insbesondere mittels Strahlteiler  
angeschlossen sind.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
mindestens ein separater, vom Beobachtungs-Strahlengang unabhängiger  
Bildempfänger-Strahlengang vorgesehen ist, welcher zum Mikroskop-  
30 Gesichtsfeld des Operators gerichtet ist.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß

die Lage des Operationsmikroskops im Raum erfaßt und diese Operationsmikroskop-Positionsdaten dem Computersystem zugeführt werden, um die Instrumenten-Positionsdaten in ein übergeordnetes Raumkoordinatensystem unter Einbeziehung in vorhandene Daten über die momentane Position des Patienten sowie präoperativ gewonnener dreidimensionaler Daten vom Inneren des Patienten zu transformieren.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 neben der Datenerfassung zur intraoperativen Lage- und Positionsbestimmung eines Navigationsinstruments mittels bekannter optischer und/oder magnetischer Methoden, eine ergänzende dreidimensionale Positionsermittlung mittels der vom Bildempfänger des Operationsmikroskops bereitgestellten Daten erfolgt.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Vorliegens gültiger Datensätze bei nur einem der beiden Systeme die als gültig bestimmten Daten zur Ermittlung von Position und Lage des Instruments oder zur Instrumentenverfolgung benutzt werden.
- 20 7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Vorliegens von redundanten, als gültig definierten Datensätzen diese zur Erhöhung der Meßgenauigkeit und/oder zur Quantifizierung der Meßgenauigkeit verwendet werden.
- 25 8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Lage des Operationsmikroskops im Raum an oder auf dem Mikroskop ein Stereo-Kamerapaar vorgesehen ist, welches eine Bewegungsverfolgung bezogen auf feste, am Patienten und/oder im Raum angebrachte Markierungen ermöglicht.
- 30

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
an oder auf der Gewebeoberfläche des Patienten Markierungspunkte  
vorgesehen sind, deren über die Bildempfänger erfaßte und mittels des  
5 Computersystems bestimmte Lageveränderung zur Ermittlung des Brain-Shifting am offenen Schädel herangezogen wird, um eine Korrektur präoperativ gewonnener Daten vorzunehmen.
10. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 oder 4 bis 9,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß  
das Operationsmikroskop zwei dezentrierte optische Kanäle hinter einer gemeinsamen Frontlinse mit einer gemeinsamen Objektebene und gleicher Vergrößerung für beide optische Kanäle aufweist, wobei in die stereo-  
skopische Bildauswertung eine Korrekturfunktion für die Verzeichnungs-  
15 fehler eingeht, die abhängig von den aktuell verwendeten Einstellungen von Zoom und Fokus ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 zur Fehlerkorrektur ein Kalibrieren erfolgt, wobei die Parameter der genannten Korrekturfunktion empirisch durch Kalibrationsmessungen bei verschiedenen Stellungen von Zoom und Fokus und verschiedenen Objekt-  
abständen ermittelt und so der erhaltene Parametersatz abgespeichert wird.
- 25 12. Navigationsinstrument mit Markierungen, insbesondere für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Markierungen in der Nähe der Instrumentenspitze angeordnet sind,  
wobei der maximale Abstand zur Instrumentenspitze derart gewählt wird,  
30 daß sich die Markierungen bei der Benutzung im Gesichtsfeld des Mikroskops befinden und der minimale Abstand zur Instrumentenspitze im wesentlichen größer als 2mm ist.

13. Navigationsinstrument nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Markierungen als Mikromarkierung oder Mikrokörper ausgeführt sind.

5 14. Navigationsinstrument nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Markierungen als mindestens drei ein Dreieck aufspannende, farbige  
oder infrarotes Licht reflektierende Mikrokugeln oder Erhebungen auf dem  
Navigationsinstrument ausgebildet sind.

10

15. Navigationsinstrument nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Markierungen als ringartige Schraffuren und/oder Färbungen und/oder  
Reflektoren auf dem Navigationsinstrument ausgebildet sind.

15

16. Navigationsinstrument nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
mehrere der genannten Markierungssätze unterschiedlicher Größe auf dem  
Instrument angebracht sind und die kleineren der Markierungssätze  
20 bezogen auf die größeren Markierungssätze näher an der Spitze des  
Instruments befindlich sind.

17. Navigationsinstrument nach einem der Ansprüche 12 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß

25 zusätzlich auf der der Instrumentenspitze abgewandten Seite weitere, mit  
an sich bekannten Navigationssystemen detektierbare Markierungen nicht  
mikroskopischer Art angeordnet sind oder der Corpus des Instruments zur  
Erfassung mit magnetischen Navigationssystemen ausgeführt ist.

30 18. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem  
Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Mikroskop ein Modul zur Ermittlung der Raumkoordinaten relativ zum  
Operationsraum oder zum Patienten umfaßt.

19. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Modul ein Stereokamera paar enthält, dem ein Computer zur stereo-  
5 skopischen Bildauswertung zugeordnet ist, wobei das Stereokamera paar auf  
Markierungspunkte am Patienten oder im Raum ausgerichtet ist und somit  
die Lage und Orientierung des Mikroskops relativ zum Patienten oder zum  
Raum bestimmbar ist.
- 10 20. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Modul ein PMD-Sensorarray enthält, dem ein Computer zur Auswertung  
der Sensordaten zugeordnet ist, wobei das PMD-Sensorarray mit zuge-  
höriger Optik und modulierter Beleuchtung auf Markierungspunkte am  
15 Patienten oder im Raum ausgerichtet und somit die Lage und Orientierung  
des Mikroskops relativ zum Patienten oder zum Raum bestimmbar ist.
21. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 das Modul ein magnetisches Navigationssystem oder Komponenten eines  
solchen Systems, insbesondere Hall-Sensoren aufweist.
22. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
25 das Modul einen oder mehrere Sender eines auf Schall, Ultraschall oder auf  
elektromagnetischer Strahlung basierenden Laufzeitentfernungs-Meß-  
systems, welches in der Zeit- oder Frequenzdomäne arbeitet, aufweist.
23. Operationsmikroskop nach Anspruch 18 oder 22,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß  
das Modul einen oder mehrere Empfänger eines auf Schall oder Ultraschall  
oder auf elektromagnetischer Strahlung basierenden Laufzeitentfernungs-  
Meßsystems, welches in der Zeit- oder Frequenzdomäne arbeitet, enthält.



24. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Modul Gyroskope und/oder Neigungssensoren umfaßt.

5 25. Operationsmikroskop nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Modul Anordnungen oder Einrichtungen zur Kombination verschiedener  
Meßverfahren der Ansprüche 19 bis 24 umfaßt.

10 26. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem  
Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Abstandsmeßwert eines PMD-Sensors aus einem vorgegebenen Bereich  
des Mikroskopbildfeldes, z.B. der Bildmitte, dem Navigationssystem  
15 übergeben wird.

27. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem  
Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 der Abstandsmeßwert eines PMD-Sensors aus einem vorgegebenen Bereich  
des Mikroskopbildfeldes, z.B. der Bildmitte, als Stellgröße für die  
Fokussiereinheit des Mikroskops bereitgestellt und verwendet wird.

28. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem  
25 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
eine Vorrichtung zur Projektion von Lichtmarkierungen vorgesehen ist,  
wobei die mit diesem Licht markierten Bereiche des Operationsfeldes  
mittels zweier, mit dem Mikroskop verbundener Kameras einer stereo-  
30 skopischen Bildauswertung unterworfen werden.

29. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem  
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß

dieses eine mit dem Mikroskop verbundene Vorrichtung zur Projektion von Lichtmarkierungen enthält und die mit diesem Licht markierten Bereiche des Operationsfeldes mittels einer mit dem Mikroskop verbundenen Kamera und stereoskopischer Bildauswertung unter Verwendung des Prinzips der  
5 inversen Kamera ausgewertet werden.

30. Operationsmikroskop, insbesondere zur Verwendung bei einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 das Mikroskop ein mit diesem verbundenes PMD-Sensormodul aufweist, auf welchem das Bild des Situs abgebildet wird und eine zugeordnete modulierte Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist.
31. Operationsmikroskop nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß
- 15 die aktuell erhaltenen Topographiedaten an ein Navigationssystem übergeben und von diesem als Ausgangsdaten für die Korrektur eines Brain-Shift verwendet werden.
- 20 32. Operationsmikroskop nach einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandsmeßwert aus einem vorgegebenen Bereich des Mikroskopgesichtsfeldes, z.B. der Bildmitte, an ein Navigationssystem übergeben wird.
- 25 33. Operationsmikroskop nach einem der Ansprüche 28 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandsmeßwert aus einem vorgegebenen Bereich des Mikroskopgesichtsfeldes, z.B. der Bildmitte, als Stellgröße der Fokussiereinheit des
- 30 Mikroskops zugeführt wird.
34. Operationsmikroskop nach einem der Ansprüche 28 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß

ein oder mehrere Stützstellen ermittelter Topogramme durch die Projektion von sichtbarem Licht auf diese Punkte markiert werden.

35. Operationsmikroskop nach einem der Ansprüche 28 bis 34,

5 dadurch gekennzeichnet, daß

für die Kameras, die Vorrichtung zur Projektion von Lichtmarkierungen und/oder den PMD-Sensor entweder die optischen Beobachtungskanäle des Mikroskops verwendet oder zusätzliche, optische Kanäle vorgesehen und genutzt werden.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/06130

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/151784 A1 (MIZOGUCHI ET AL.) 17 October 2002 (2002-10-17) (See corresponding document JP2000139949, published 23.05.2000) abstract; figures 8,,11B page 4, paragraph 72 -page 4, paragraph 84	12-17
X	page 2, paragraph 37; figure 2 ---	18-35
X	US 6 036 637 A (KUDO MASAHIRO) 14 March 2000 (2000-03-14) column 27, line 47 -column 28, line 51 column 9, line 46 -column 10, line 59; figures 12,16 column 64, line 32 -column 66, line 2; figures 66,67 --- -/--	12-16

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 October 2003

Date of mailing of the international search report

12.11.2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moers, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/06130

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 630 431 A (TAYLOR RUSSELL H) 20 May 1997 (1997-05-20) column 19, line 11 -column 20, line 8; figure 10 ---	12
X	US 5 352 233 A (ANIS AZIZ Y) 4 October 1994 (1994-10-04) column 3, line 58 - line 68; figure 2 ---	12
X	US 5 795 294 A (LUBER JOACHIM ET AL) 18 August 1998 (1998-08-18) abstract column 3, line 9 - line 56 column 4, line 11 -column 5, line 27; figure 1 ---	18-35 12
X	US 5 545 160 A (O'ROURKE DANIEL K) 13 August 1996 (1996-08-13) abstract; figure 8 ---	18,24
X	US 6 006 126 A (COSMAN ERIC R) 21 December 1999 (1999-12-21) column 8, line 66 -column 10, line 45; figures 4,10A column 11, line 26 - line 67 column 17, line 11 - line 65 ---	18,28, 29,31-35
A	WO 01 43654 A (MARMULLA RUEDIGER ;LUETH TIM (DE); LB MEDICAL GMBH (DE)) 21 June 2001 (2001-06-21) claims 9,10 ---	14
X	US 5 807 387 A (DRUAIS HERVE) 15 September 1998 (1998-09-15) abstract; figure 1 ---	18
A	US 2002/002330 A1 (VILSMEIER STEFAN) 3 January 2002 (2002-01-03) abstract; figure 1 -----	28,29,35

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/06130

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 2002151784	A1	17-10-2002	JP	2000139949 A	23-05-2000
			US	6434416 B1	13-08-2002
US 6036637	A	14-03-2000	JP	8164148 A	25-06-1996
			US	5836869 A	17-11-1998
US 5630431	A	20-05-1997	US	5695500 A	09-12-1997
			US	5976156 A	02-11-1999
			US	5445166 A	29-08-1995
			US	5950629 A	14-09-1999
			US	5402801 A	04-04-1995
			US	6024695 A	15-02-2000
			US	6201984 B1	13-03-2001
			US	6231526 B1	15-05-2001
			US	6547782 B1	15-04-2003
			US	5279309 A	18-01-1994
US 5352233	A	04-10-1994	AU	6172994 A	29-08-1994
			WO	9417740 A1	18-08-1994
US 5795294	A	18-08-1998	DE	4417944 A1	23-11-1995
			DE	59510020 D1	14-03-2002
			EP	0682919 A2	22-11-1995
			JP	8038506 A	13-02-1996
US 5545160	A	13-08-1996	NONE		
US 6006126	A	21-12-1999	US	5662111 A	02-09-1997
			US	6351661 B1	26-02-2002
			US	5848967 A	15-12-1998
			US	6275725 B1	14-08-2001
			US	2002065461 A1	30-05-2002
			US	2002188194 A1	12-12-2002
			US	6405072 B1	11-06-2002
WO 0143654	A	21-06-2001	DE	19960020 A1	21-06-2001
			AU	2009701 A	25-06-2001
			DE	20022586 U1	20-12-2001
			WO	0143654 A1	21-06-2001
			EP	1237493 A1	11-09-2002
			US	2002183608 A1	05-12-2002
US 5807387	A	15-09-1998	FR	2709657 A1	17-03-1995
			AT	199309 T	15-03-2001
			DE	69426782 D1	05-04-2001
			DE	69426782 T2	11-10-2001
			EP	0776181 A1	04-06-1997
			WO	9507054 A1	16-03-1995
			JP	9507130 T	22-07-1997
US 2002002330	A1	03-01-2002	EP	1142536 A1	10-10-2001
			AT	221344 T	15-08-2002
			DE	50000335 D1	05-09-2002
			ES	2180481 T3	16-02-2003
			JP	2002035007 A	05-02-2002

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

EP05706130

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: **1-11**  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
  
PCT Rule 39.1(iv) – Method for treatment of the human or animal body by surgery.
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**SEE SUPPL. SHEET**

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## Continuation of Box II

The International Searching Authority has determined that this international application contains more than one invention or group of inventions, namely:

## 1. claims 12-17

navigation instrument;

## 2. claims 18-35

operation microscope.



# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/06130

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61B19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/151784 A1 (MIZOGUCHI ET AL.) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) (See corresponding document JP2000139949, published 23.05.2000) Zusammenfassung; Abbildungen 8,,11B Seite 4, Absatz 72 -Seite 4, Absatz 84	12-17
X	Seite 2, Absatz 37; Abbildung 2 ---	18-35
X	US 6 036 637 A (KUDO MASAHIRO) 14. März 2000 (2000-03-14) Spalte 27, Zeile 47 -Spalte 28, Zeile 51 Spalte 9, Zeile 46 -Spalte 10, Zeile 59; Abbildungen 12,16 Spalte 64, Zeile 32 -Spalte 66, Zeile 2; Abbildungen 66,67 --- -/-	12-16



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

12. 11. 2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Moers, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 630 431 A (TAYLOR RUSSELL H) 20. Mai 1997 (1997-05-20) Spalte 19, Zeile 11 - Spalte 20, Zeile 8; Abbildung 10 ----	12
X	US 5 352 233 A (ANIS AZIZ Y) 4. Oktober 1994 (1994-10-04) Spalte 3, Zeile 58 - Zeile 68; Abbildung 2 ----	12
X	US 5 795 294 A (LUBER JOACHIM ET AL) 18. August 1998 (1998-08-18) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 56 Spalte 4, Zeile 11 - Spalte 5, Zeile 27; Abbildung 1 ----	18-35 12
X	US 5 545 160 A (O'ROURKE DANIEL K) 13. August 1996 (1996-08-13) Zusammenfassung; Abbildung 8 ----	18,24
X	US 6 006 126 A (COSMAN ERIC R) 21. Dezember 1999 (1999-12-21) Spalte 8, Zeile 66 - Spalte 10, Zeile 45; Abbildungen 4,10A Spalte 11, Zeile 26 - Zeile 67 Spalte 17, Zeile 11 - Zeile 65 ----	18,28, 29,31-35
A	WO 01 43654 A (MARMULLA RUEDIGER ; LUETH TIM (DE); LB MEDICAL GMBH (DE)) 21. Juni 2001 (2001-06-21) Ansprüche 9,10 ----	14
X	US 5 807 387 A (DRUAIS HERVE) 15. September 1998 (1998-09-15) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----	18
A	US 2002/002330 A1 (VILSMEIER STEFAN) 3. Januar 2002 (2002-01-03) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	28,29,35

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/06130

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002151784	A1	17-10-2002	JP	2000139949 A	23-05-2000
			US	6434416 B1	13-08-2002
US 6036637	A	14-03-2000	JP	8164148 A	25-06-1996
			US	5836869 A	17-11-1998
US 5630431	A	20-05-1997	US	5695500 A	09-12-1997
			US	5976156 A	02-11-1999
			US	5445166 A	29-08-1995
			US	5950629 A	14-09-1999
			US	5402801 A	04-04-1995
			US	6024695 A	15-02-2000
			US	6201984 B1	13-03-2001
			US	6231526 B1	15-05-2001
			US	6547782 B1	15-04-2003
			US	5279309 A	18-01-1994
US 5352233	A	04-10-1994	AU	6172994 A	29-08-1994
			WO	9417740 A1	18-08-1994
US 5795294	A	18-08-1998	DE	4417944 A1	23-11-1995
			DE	59510020 D1	14-03-2002
			EP	0682919 A2	22-11-1995
			JP	8038506 A	13-02-1996
US 5545160	A	13-08-1996	KEINE		
US 6006126	A	21-12-1999	US	5662111 A	02-09-1997
			US	6351661 B1	26-02-2002
			US	5848967 A	15-12-1998
			US	6275725 B1	14-08-2001
			US	2002065461 A1	30-05-2002
			US	2002188194 A1	12-12-2002
			US	6405072 B1	11-06-2002
WO 0143654	A	21-06-2001	DE	19960020 A1	21-06-2001
			AU	2009701 A	25-06-2001
			DE	20022586 U1	20-12-2001
			WO	0143654 A1	21-06-2001
			EP	1237493 A1	11-09-2002
			US	2002183608 A1	05-12-2002
US 5807387	A	15-09-1998	FR	2709657 A1	17-03-1995
			AT	199309 T	15-03-2001
			DE	69426782 D1	05-04-2001
			DE	69426782 T2	11-10-2001
			EP	0776181 A1	04-06-1997
			WO	9507054 A1	16-03-1995
			JP	9507130 T	22-07-1997
US 2002002330	A1	03-01-2002	EP	1142536 A1	10-10-2001
			AT	221344 T	15-08-2002
			DE	50000335 D1	05-09-2002
			ES	2180481 T3	16-02-2003
			JP	2002035007 A	05-02-2002

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 03/06130

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☒ Ansprüche Nr. **1-11**  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich  
**Regel 39.1(iv) PCT - Verfahren zur chirurgischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers**
2. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der Internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese Internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser Internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der Internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☒ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 12-17

Navigationsinstrument

2. Ansprüche: 18-35

Operationsmikroskop